

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-077165

(43)Date of publication of application : 23.03.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/66
G01N 21/956

(21)Application number : 11-250984

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 06.09.1999

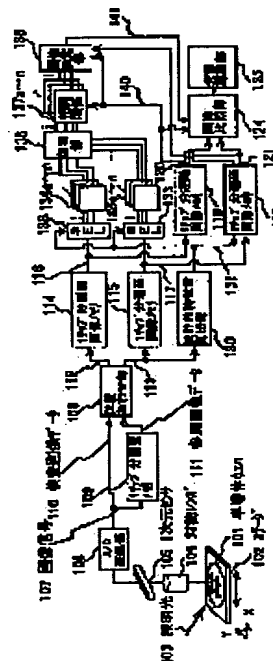
(72)Inventor : NAKAGAKI AKIRA
TAKAGI YUJI
HONDA TOSHIFUMI
MAEDA SHUNJI
YOSHIDA ATSUSHI
NINOMIYA TAKANORI
ISOGAI SHIZUSHI

(54) DEFECT INSPECTION METHOD, ITS DEVICE, DEFECT ANALYSIS METHOD AND ITS DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To inspect or analyze with high reliability without misconceiving fine defects, by a method wherein a correspondence relation of a correlation of a gradation value in each split region computed in a correlation computation process to a gradation value in a pixel in a secondary inspection image corresponding to each pixel in a secondary reference image is used.

SOLUTION: A threshold set 138 uses correlation tables 137a to 137n of inspection image data 116 to reference image data 117, and in the region, a judgment threshold 141 for judging defects or defect candidates is computed. An image comparison part 124 compares, in each pixel in an inspection image data 120, a correspondence of an inspection image data 120 in the pixel to a reference image data 121 with a judgment threshold 141 acquired in each region comprising the computed slit pixel group, and judges defects or defect candidates. Thus, even when there is irregularity of the gradation value between the inspection image data and the reference image data, it is possible to correctly judge the defects or defect candidates.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

16.05.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-77165

(P2001-77165A)

(43) 公開日 平成13年3月23日 (2001.3.23)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	J 2 G 0 5 1
G 0 1 N 21/956		G 0 1 N 21/956	A 4 M 1 0 6

審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願平11-250984

(22) 出願日 平成11年9月6日 (1999.9.6)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 中垣 亮

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 高木 裕治

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外1名)

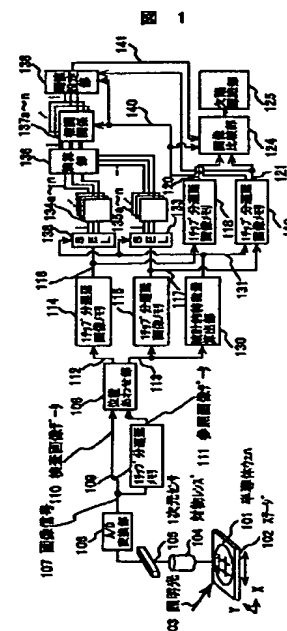
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 欠陥検査方法及びその装置並びに欠陥解析方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 検査部位を撮像した検査画像と、検査部位と同一の回路パターンが形成されていることが期待される他の部位を撮像した参照画像との間で局所的な階調値むら等がある場合でも、それらの影響を受けずに欠陥検出を行うことのできる欠陥検査方法及びその装置並びに欠陥解析方法及びその装置を提供することにある。

【解決手段】 検査画像内を複数の領域に分割し、各領域毎に検査画像の画素値と参照画像の画素値（階調値）との第1の相関関係を求める。次に、検査画像の各画素毎にその画素の階調値と、その画素に対応する参照画像内の画素の画素値との第2の相関関係を求める。検査画像内の各画素について、第1の相関関係と第2の相関関係を基にその画素が欠陥を構成しているか否かを判定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像または前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像を複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、該相関関係算出過程で算出された領域毎の階調値の相関関係と、前記 2 次元参照画像内の各画素に対応する前記 2 次元検査画像内の画素における階調値との対応関係を用いて、前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥または欠陥候補を検査する比較判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 2】被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像または前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像を複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、該相関関係算出過程で算出された領域毎の階調値の相関関係を用いて前記 2 次元参照画像内の各画素の階調値を補正する参照画像補正過程と、前記 2 次元検査画像と該参照画像補正過程で補正された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥または欠陥候補を検査する比較判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 3】被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像または前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像を複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、該相関関係算出過程で算出された領域毎の階調値の相関関係を用いて前記 2 次元検査画像内の各画素の階調値を補正する検査画像補正過程と、

該検査画像補正過程で補正された 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥または欠陥候補を検査する比較判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法。

- 05 【請求項 4】被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、
- 10 前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像と前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥候補部位を算出する欠陥候補部位算出過程と、
- 15 前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像または前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像を複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記欠陥候補部位算出過程で算出された欠陥候補部位を示す欠陥候補検査画像と欠陥候補部位を示す欠陥候補参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、
- 20 該相関関係算出過程で算出された領域毎の階調値の相関関係と、前記欠陥候補参照画像の各画素に対応する前記欠陥候補検査画像の画素における階調値との対応関係を用いて、前記欠陥候補検査画像と前記欠陥候補参照画像とを比較判定して欠陥を検査する比較判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法。

- 【請求項 5】被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、
- 30 前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像と前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥候補部位を算出する欠陥候補部位算出過程と、
- 35 前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像または前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像を複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記欠陥候補部位算出過程で算出された欠陥候補部位を示す欠陥候補検査画像と欠陥候補部位を示す欠陥候補参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、
- 40 該相関関係算出過程で算出された領域毎の階調値の相関関係を用いて前記欠陥候補参照画像の各画素の階調値を補正する参照画像補正過程と、
- 45 前記欠陥候補検査画像と該参照画像補正過程で補正された欠陥候補参照画像とを比較判定して欠陥を検査する比較判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法。

- 【請求項 6】被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、
- 50

前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を２次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、

前記検査画像検出過程において検出された２次元検査画像と前記参照画像準備過程において準備された２次元参照画像とを比較判定して欠陥候補部位を算出する欠陥候補部位算出過程と、

前記検査画像検出過程において検出された２次元検査画像または前記参照画像準備過程において準備された２次元参照画像を複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記欠陥候補部位算出過程で算出された欠陥候補部位を示す欠陥候補検査画像と欠陥候補部位を示す欠陥候補参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、

該相関関係算出過程で算出された領域毎の階調値の相関関係を用いて前記欠陥候補検査画像の各画素の階調値を補正する検査画像補正過程と、

該検査画像補正過程で補正された欠陥候補検査画像と前記欠陥候補参照画像とを比較判定して欠陥を検査する比較判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 7】前記検査画像検出過程において、被検査対象基板に対して照明光を照射し、被検査対象基板からの紫外線の反射光を受光して反射光の強度に応じた信号に変換して２次元検査画像を得ることを特徴とする請求項 1 または 2 または 3 または 4 または 5 または 6 記載の欠陥検査方法。

【請求項 8】前記相関関係算出過程において、２次元検査画像および／または２次元参照画像の内少なくとも一つの画像より、平均値特徴、テクスチャ特徴、エッジ特徴、および検査画像と参照画像との差画像の平均値特徴の何れか一つ以上を算出し、この算出された特徴に基づいて前記２次元検査画像または前記２次元参照画像を複数の領域に分割することを特徴とする請求項 1 または 2 または 3 または 4 または 5 または 6 記載の欠陥検査方法。

【請求項 9】被検査対象基板における検査部位の外観を２次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を２次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、

前記検査画像検出過程において検出された２次元検査画像および／または前記参照画像準備過程において準備された２次元参照画像の内少なくとも一つの画像より、平均値特徴、テクスチャ特徴、エッジ特徴、および検査画像と参照画像との差画像の平均値特徴の何れか一つ以上の特徴画像を算出し、この算出された特徴画像と前記２次元検査画像と前記２次元参照画像との間の多次元空間に対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、

該相関関係算出過程で算出された多次元空間における階調値の相関関係と、前記２次元参照画像内の各画素に対

応する前記２次元検査画像内の画素における階調値との対応関係を用いて、前記２次元検査画像と前記２次元参照画像とを比較判定して欠陥または欠陥候補を検査する比較判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 10】被検査対象基板における検査部位の外観を２次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を２次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、

前記検査画像検出過程において検出された２次元検査画像および／または前記参照画像準備過程において準備された２次元参照画像の内少なくとも一つの画像より、平均値特徴、テクスチャ特徴、エッジ特徴、および検査画像と参照画像との差画像の平均値特徴の何れか一つ以上の特徴画像を算出し、この算出された特徴画像と前記２次元検査画像と前記２次元参照画像との間の多次元空間に対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、

該相関関係算出過程で算出された多次元空間の階調値の相関関係を用いて前記２次元参照画像内の各画素の階調値を補正する参照画像補正過程と、前記２次元検査画像と該参照画像補正過程で補正された２次元参照画像とを比較判定して欠陥または欠陥候補を検査する比較判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 11】被検査対象基板における検査部位の外観を２次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を２次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、

前記検査画像検出過程において検出された２次元検査画像および／または前記参照画像準備過程において準備された２次元参照画像の内少なくとも一つの画像より、平均値特徴、テクスチャ特徴、エッジ特徴、および検査画像と参照画像との差画像の平均値特徴の何れか一つ以上の特徴画像を算出し、この算出された特徴画像と前記２次元検査画像と前記２次元参照画像との間の多次元空間に対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、

該相関関係算出過程で算出された多次元空間の階調値の相関関係を用いて、前記２次元検査画像内の各画素の階調値を補正する検査画像補正過程と、

該検査画像補正過程で補正された２次元検査画像と前記２次元参照画像とを比較判定して欠陥または欠陥候補を検査する比較判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 12】被検査対象基板における検査部位の外観を２次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待

される参照部位の外観を 2 次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、

前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像と前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥候補部位を算出し、この算出された欠陥候補部位から所望の欠陥候補部位を選択する欠陥候補部位選択過程と、

前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像または前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像を複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記欠陥候補部位選択過程で選択された欠陥候補部位を示す欠陥候補検査画像と欠陥候補部位を示す欠陥候補参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、

該相関関係算出過程で算出された領域毎の階調値の相関関係と、前記欠陥候補参照画像の各画素に対応する前記欠陥候補検査画像の画素における階調値との対応関係を用いて、少なくとも前記欠陥候補検査画像について調べて欠陥候補について解析する解析過程とを有することを特徴とする欠陥解析方法。

【請求項 13】被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、

前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像と前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥候補部位を算出し、この算出された欠陥候補部位から所望の欠陥候補部位を選択する欠陥候補部位選択過程と、

前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像または前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像を複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記欠陥候補部位選択過程で選択された欠陥候補部位を示す欠陥候補検査画像と欠陥候補部位を示す欠陥候補参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、

該相関関係算出過程で算出された領域毎の階調値の相関関係を用いて前記欠陥候補参照画像の各画素の階調値を補正する参照画像補正過程と、

前記欠陥候補検査画像と該参照画像補正過程で補正された欠陥候補参照画像とを比較して欠陥候補について解析する解析過程とを有することを特徴とする欠陥解析方法。

【請求項 14】被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、

前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画

像と前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥候補部位を算出し、この算出された欠陥候補部位から所望の欠陥候補部位を選択する欠陥候補部位選択過程と、

05 前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像または前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像を複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記欠陥候補部位選択過程で選択された欠陥候補部位を示す欠陥候補検査画像と欠陥候補部位を示す欠陥候補参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、

10 該相関関係算出過程で算出された領域毎の階調値の相関関係を用いて前記欠陥候補検査画像の各画素の階調値を補正する検査画像補正過程と、

15 該検査画像補正過程で補正された欠陥候補検査画像と前記欠陥候補参照画像とを比較して欠陥候補について解析する解析過程とを有することを特徴とする欠陥解析方法。

【請求項 15】被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、

前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像と前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥候補部位を算出し、この算出された欠陥候補部位から所望の欠陥候補部位を選択する欠陥候補部位選択過程と、

20 前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像および／または前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像の内少なくとも一つの画像より、平均値特徴、テクスチャ特徴、エッジ特徴、および検査画像と参照画像との差画像の平均値特徴の何れか一つ以上の特徴画像を算出し、この算出された特徴画像と前記欠陥候補部位選択過程で選択された欠陥候補部位を示す欠陥候補検査画像と欠陥候補部位を示す欠陥候補参照画像との間の多次元空間に対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、

25 該相関関係算出過程で算出された多次元空間における階調値の相関関係と、前記欠陥候補参照画像の各画素に対応する前記欠陥候補検査画像の画素における階調値との対応関係を用いて、少なくとも前記欠陥候補検査画像について調べて欠陥候補について解析する解析過程とを有することを特徴とする欠陥解析方法。

45 【請求項 16】被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出手段と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として作成する参照画像作成手段と、

50 前記検査画像検出手段において検出された 2 次元検査画

像または前記参照画像作成手段において作成された 2 次元参照画像を複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出手段と、

該相関関係算出手段で算出された領域毎の階調値の相関関係と、前記 2 次元参照画像内の各画素に対応する前記 2 次元検査画像内の画素における階調値との対応関係を用いて、前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥または欠陥候補を検査する比較判定手段とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 17】被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出手段と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として作成する参照画像作成手段と、

前記検査画像検出手段において検出された 2 次元検査画像と前記参照画像作成手段において作成された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥候補部位を算出する欠陥候補部位算出手段と、

前記検査画像検出手段において検出された 2 次元検査画像または前記参照画像作成手段において作成された 2 次元参照画像を複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記欠陥候補部位算出手段で算出された欠陥候補部位を示す欠陥候補検査画像と欠陥候補部位を示す欠陥候補参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出手段と、

該相関関係算出手段で算出された領域毎の階調値の相関関係と、前記欠陥候補参照画像の各画素に対応する前記欠陥候補検査画像の画素における階調値との対応関係を用いて、前記欠陥候補検査画像と前記欠陥候補参照画像とを比較判定して欠陥を検査する比較判定手段とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 18】前記検査画像検出手段において、被検査対象基板に対して照明光を照射し、被検査対象基板からの紫外線の反射光を受光して反射光の強度に応じた信号に変換して 2 次元検査画像を得るように構成したことを特徴とする請求項 16 または 17 記載の欠陥検査装置。

【請求項 19】前記相関関係算出手段において、2 次元検査画像および／または 2 次元参照画像の内少なくとも一つの画像より、平均値特徴、テクスチャ特徴、エッジ特徴、および検査画像と参照画像との差画像の平均値特徴の何れか一つ以上を算出し、この算出された特徴に基づいて前記 2 次元検査画像または前記 2 次元参照画像を複数の領域に分割するように構成したことを特徴とする請求項 16 または 17 記載の欠陥検査装置。

【請求項 20】被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出手段と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として作成する

参照画像作成手段と、

前記検査画像検出手段において検出された 2 次元検査画像および／または前記参照画像作成手段において作成された 2 次元参照画像の内少なくとも一つの画像より、平均値特徴、テクスチャ特徴、エッジ特徴、および検査画像と参照画像との差画像の平均値特徴の何れか一つ以上の特徴画像を算出し、この算出された特徴画像と前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像との間の多次元空間に対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出手段と、

該相関関係算出手段で算出された多次元空間における階調値の相関関係と、前記 2 次元参照画像内の各画素に対応する前記 2 次元検査画像内の画素における階調値との対応関係を用いて、前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥または欠陥候補を検査する比較判定手段とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 21】被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出手段と、

前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として作成する参照画像作成手段と、

前記検査画像検出手段において検出された 2 次元検査画像と前記参照画像作成手段において作成された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥候補部位を算出し、この算出された欠陥候補部位から所望の欠陥候補部位を選択する欠陥候補部位選択手段と、

前記検査画像検出手段において検出された 2 次元検査画像または前記参照画像作成手段において作成された 2 次元参照画像を複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記欠陥候補部位選択手段で選択された欠陥候補部位を示す欠陥候補検査画像と欠陥候補部位を示す欠陥候補参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出手段と、

該相関関係算出手段で算出された領域毎の階調値の相関関係と、前記欠陥候補参照画像の各画素に対応する前記欠陥候補検査画像の画素における階調値との対応関係を用いて、少なくとも前記欠陥候補検査画像について調べて欠陥候補について解析する解析手段とを備えたことを特徴とする欠陥解析装置。

【請求項 22】被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出手段と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として作成する参照画像作成手段と、

前記検査画像検出手段において検出された 2 次元検査画像と前記参照画像作成手段において作成された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥候補部位を算出し、この算出された欠陥候補部位から所望の欠陥候補部位を選択する欠陥候補部位選択手段と、

前記検査画像検出手段において検出された２次元検査画像および／または前記参照画像作成手段において作成された２次元参照画像の内少なくとも一つの画像より、平均値特徴、テクスチャ特徴、エッジ特徴、および検査画像と参照画像との差画像の平均値特徴の何れか一つ以上の特徴画像を算出し、この算出された特徴画像と前記欠陥候補部位選択手段で選択された欠陥候補部位を示す欠陥候補検査画像と欠陥候補部位を示す欠陥候補参照画像との間の多次元空間に対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出手段と、該相関関係算出手段で算出された多次元空間における階調値の相関関係と、前記欠陥候補参照画像の各画素に対応する前記欠陥候補検査画像の画素における階調値との対応関係を用いて、少なくとも前記欠陥候補検査画像について調べて欠陥候補について解析する解析手段とを備えたことを特徴とする欠陥解析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、紫外線や電子線等を用いて半導体ウエハ等の被検査検査対象部位の物理的性質を現した画像を得、該画像と、検査対象部位と同一の回路パターンを有する他の部位から同様の方法により得られた画像とを比較することにより回路パターン上の欠陥を検査する欠陥検査方法及びその装置並びに欠陥解析方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の半導体ウエハのパターン検査方法としては、特開平6-294750号公報に記載されているように、ウエハ上の隣接チップ同士では同一のパターンを持っていることが期待できるという性質を利用して、隣接チップ同士でパターンを比較して、差があればいずれかのチップのパターンに欠陥があると判定する第1の方式と、特開昭57-196530号公報記載のようにチップ内のメモリセルでは、そのパターンが同一であることが期待できるという性質を利用して隣接セル同士でパターンを比較して、差があればいずれかのセルのパターンに欠陥があると判定する第2の方式とが知られている。更に、特開平3-232250号公報に記載されているように、チップ内のパターン配置情報をもとに、一次元センサの走査方向およびチップの開始点からのステージ走査方向各々につき、チップ比較検査領域と繰返しパターン（メモリセルのパターン）比較検査領域のデータを記憶する記憶部を有し、センサ走査位置、ステージ検査位置に同調して、チップ比較検査の欠陥出力および繰返しパターン比較検査の欠陥出力の出力可否を制御する第3の方式が知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の第1、第2、第3の方式では、いずれも検査対象となる部位と、その部位と同一パターンを有していると期待される部位

とを比較し、それらに差異が生じている部分を欠陥として認識するものである。これらの従来の手法では、検査部位を撮像した画像（以後、検査画像）とその検査部位と同一のパターンを有していると期待される部位を撮像した画像（以後、参照画像）を比較した場合、両部位とも正常に回路パターンが形成されていれば、両者の画像上での階調値がほとんど一致しているということを期待したものであり、階調値が一致していない部分を欠陥と判定すれば、確実に欠陥を認識できることを前提としている。一方、近年の半導体デバイスの微細化に伴い、より微細な欠陥を確実に検出することが、パターン検査装置に望まれている。より微細な欠陥を検出するためには、検査画像と参照画像をこれまでと比較して高解像度で撮像する必要がある、そのための一手法として、短波長（例えば紫外線より短い波長を持つ光）の光を照明光としてウエハに照射し、画像を撮像する方法がある。

【0004】しかし、短波長の照明光を用いて検査及び参照画像を撮像した場合、半導体ウエハ表面に形成される薄膜の膜厚と照明光の波長が近接するため、薄膜によって生じる干渉が顕著となるという問題がある。検査部位と他の部位とでは、ウエハ表面に形成される薄膜の厚さが同一であることはなく、微妙に異なるのが通常である。そのため、両部位において正常に回路パターンが形成されている場合であっても、その表面で起こる干渉の程度が異なり、結果として、検査画像と参照画像の階調値に差が生じることとなる。このため、従来技術により、これらの画像を単純に比較した場合には、正常部位を欠陥部位と誤認識するおそれがある。

【0005】本発明の目的は、上記課題を解決すべく、微細な欠陥を検査するために、様々な回路パターンが形成された半導体ウエハ等の被検査対象基板に対して短波長の照明光等を用いて照射して画像を検出した場合においても、誤認識を生じることなく、高信頼度で微細な欠陥を誤認識することなく検査や解析をできるようにした欠陥検査方法及びその装置並びに欠陥解析方法及びその装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、被検査対象基板における検査部位の外観を２次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を２次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、前記検査画像検出過程において検出された２次元検査画像または前記参照画像準備過程において準備された２次元参照画像をその階調値のむらの発生度合いの異なる複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記２次元検査画像と前記２次元参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、該相関関係算出過程で算出された領域毎の階調値の相関関係と、前記２次元参照画像

内の各画素に対応する前記 2 次元検査画像内の画素における階調値との対応関係を用いて、前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥または欠陥候補を検査する比較判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法である。また、本発明は、被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像または前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像をその階調値のむらの発生度合いの異なる複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、該相関関係算出過程で算出された領域毎の階調値の相関関係を用いて前記 2 次元参照画像内の各画素の階調値を補正する参照画像補正過程と、前記 2 次元検査画像と該参照画像補正過程で補正された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥または欠陥候補を検査する比較判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法である。

【0007】また、本発明は、被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像または前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像をその階調値のむらの発生度合いの異なる複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、該相関関係算出過程で算出された領域毎の階調値の相関関係を用いて前記 2 次元検査画像内の各画素の階調値を補正する検査画像補正過程と、該検査画像補正過程で補正された 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥または欠陥候補を検査する比較判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法である。また、本発明は、被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像と前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥候補部位を算出する欠陥候補部位算出過程と、前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像または前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像をその階調値のむらの発生度合いの異なる複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記欠陥候補部位算出過程で算出された

欠陥候補部位を示す欠陥候補検査画像と欠陥候補部位を示す欠陥候補参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、該相関関係算出過程で算出された領域毎の階調値の相関関係と、前記欠陥候補参照画像の各画素に対応する前記欠陥候補検査画像の画素における階調値との対応関係を用いて、前記欠陥候補検査画像と前記欠陥候補参照画像とを比較判定して欠陥を検査する比較判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法である。

【0008】また、本発明は、前記欠陥検査方法の検査画像検出過程において、被検査対象基板に対して照明光を照射し、被検査対象基板からの紫外線の反射光を受光して反射光の強度に応じた信号に変換して 2 次元検査画像を得ることを特徴とする。また、本発明は、前記欠陥検査方法の相関関係算出過程において、2 次元検査画像および／または 2 次元参照画像の内少なくとも一つの画像より、平均値特徴、テクスチャ特徴、エッジ特徴、および検査画像と参照画像との差画像の平均値特徴の何れか一つ以上を算出し、この算出された特徴に基いて前記 2 次元検査画像または前記 2 次元参照画像を複数の領域に分割することを特徴とする。また、本発明は、被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像および／または前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像の内少なくとも一つの画像より、平均値特徴、テクスチャ特徴、エッジ特徴、および検査画像と参照画像との差画像の平均値特徴の何れか一つ以上の特徴画像を算出し、この算出された特徴画像と前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像との間の多次元空間に対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、該相関関係算出過程で算出された多次元空間における階調値の相関関係と、前記 2 次元参照画像内の各画素に対応する前記 2 次元検査画像内の画素における階調値との対応関係を用いて、前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥または欠陥候補を検査する比較判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法である。

【0009】また、本発明は、被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像および／または前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像の内少なくとも一つの画像より、平均値特徴、テクスチャ特徴、エッジ特徴、および検査画像と参照画像との差画像の平均値特徴の何れか一つ以上の特徴画像を算出

し、この算出された特徴画像と前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像との間の多次元空間に対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、該相関関係算出過程で算出された多次元空間の階調値の相関関係を用いて前記 2 次元参照画像内の各画素の階調値を補正する参照画像補正過程と、前記 2 次元検査画像と該参照画像補正過程で補正された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥または欠陥候補を検査する比較判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法である。また、本発明は、被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像および／または前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像の内少なくとも一つの画像より、平均値特徴、テクスチャ特徴、エッジ特徴、および検査画像と参照画像との差画像の平均値特徴の何れか一つ以上の特徴画像を算出し、この算出された特徴画像と前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像との間の多次元空間に対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、該相関関係算出過程で算出された多次元空間の階調値の相関関係を用いて、前記 2 次元検査画像内の各画素の階調値を補正する検査画像補正過程と、該検査画像補正過程で補正された 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥または欠陥候補を検査する比較判定過程とを有することを特徴とする欠陥検査方法である。

【0010】また、本発明は、被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像と前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥候補部位を算出し、この算出された欠陥候補部位から所望の欠陥候補部位を選択する欠陥候補部位選択過程と、前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像または前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像を複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記欠陥候補部位選択過程で選択された欠陥候補部位を示す欠陥候補検査画像と欠陥候補部位を示す欠陥候補参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、該相関関係算出過程で算出された領域毎の階調値の相関関係と、前記欠陥候補参照画像の各画素に対応する前記欠陥候補検査画像の画素における階調値との対応関係を用いて、少なくとも前記欠陥候補検査画像について調べて欠陥候補について解析する解析過程とを有することを特徴とする欠陥解析方法である。

【0011】また、本発明は、被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出過程と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として準備する参照画像準備過程と、前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像と前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥候補部位を算出し、この算出された欠陥候補部位から所望の欠陥候補部位を選択する欠陥候補部位選択過程と、前記検査画像検出過程において検出された 2 次元検査画像および／または前記参照画像準備過程において準備された 2 次元参照画像の内少なくとも一つの画像より、平均値特徴、テクスチャ特徴、エッジ特徴、および検査画像と参照画像との差画像の平均値特徴の何れか一つ以上の特徴画像を算出し、この算出された特徴画像と前記欠陥候補部位選択過程で選択された欠陥候補部位を示す欠陥候補検査画像と欠陥候補部位を示す欠陥候補参照画像との間の多次元空間に対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出過程と、該相関関係算出過程で算出された多次元空間における階調値の相関関係と、前記欠陥候補参照画像の各画素に対応する前記欠陥候補検査画像の画素における階調値との対応関係を用いて、少なくとも前記欠陥候補検査画像について調べて欠陥候補について解析する解析過程とを有することを特徴とする欠陥解析方法である。

【0012】また、本発明は、被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出手段と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として作成する参照画像作成手段と、前記検査画像検出手段において検出された 2 次元検査画像または前記参照画像作成手段において作成された 2 次元参照画像をその階調値のむらの発生度合いの異なる複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出手段と、該相関関係算出手段で算出された領域毎の階調値の相関関係と、前記 2 次元参照画像内の各画素に対応する前記 2 次元検査画像内の画素における階調値との対応関係を用いて、前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥または欠陥候補を検査する比較判定手段とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。また、本発明は、被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出手段と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として作成する参照画像作成手段と、前記検査画像検出手段において検出された 2 次元検査画像と前記参照画像作成手段において作成された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥候補部位を算出する欠陥候補部位算出手段と、前記検査画像検出手段に

において検出された 2 次元検査画像または前記参照画像作成手段において作成された 2 次元参照画像を複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記欠陥候補部位算出手段で算出された欠陥候補部位を示す欠陥候補検査画像と欠陥候補部位を示す欠陥候補参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出手段と、該相関関係算出手段で算出された領域毎の階調値の相関関係と、前記欠陥候補参照画像の各画素に対応する前記欠陥候補検査画像の画素における階調値との対応関係を用いて、前記欠陥候補検査画像と前記欠陥候補参照画像とを比較判定して欠陥を検査する比較判定手段とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。

【0013】また、本発明は、被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出手段と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として作成する参照画像作成手段と、前記検査画像検出手段において検出された 2 次元検査画像および／または前記参照画像作成手段において作成された 2 次元参照画像の内少なくとも一つの画像より、平均値特徴、テクスチャ特徴、エッジ特徴、および検査画像と参照画像との差画像の平均値特徴の何れか一つ以上の特徴画像を算出し、この算出された特徴画像と前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像との間の多次元空間に対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出手段と、該相関関係算出手段で算出された多次元空間における階調値の相関関係と、前記 2 次元参照画像内の各画素に対応する前記 2 次元検査画像内の画素における階調値との対応関係を用いて、前記 2 次元検査画像と前記 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥または欠陥候補を検査する比較判定手段とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。また、本発明は、被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出手段と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として作成する参照画像作成手段と、前記検査画像検出手段において検出された 2 次元検査画像と前記参照画像作成手段において作成された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥候補部位を算出し、この算出された欠陥候補部位から所望の欠陥候補部位を選択する欠陥候補部位選択手段と、前記検査画像検出手段において検出された 2 次元検査画像または前記参照画像作成手段において作成された 2 次元参照画像を複数の領域に分割し、該分割された領域毎に、前記欠陥候補部位選択手段で選択された欠陥候補部位を示す欠陥候補検査画像と欠陥候補部位を示す欠陥候補参照画像との間の対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出手段と、該相関関係算出手段で算出された領域毎の階調値の相関関係と、前記欠陥候補参照画像の各画素に対応する前記欠陥

候補検査画像の画素における階調値との対応関係を用いて、少なくとも前記欠陥候補検査画像について調べて欠陥候補について解析する解析手段とを備えたことを特徴とする欠陥解析装置である。

05 【0014】また、本発明は、被検査対象基板における検査部位の外観を 2 次元検査画像として検出する検査画像検出手段と、前記検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される参照部位の外観を 2 次元参照画像として作成する参照画像作成手段と、前記検査画像検出手段において検出された 2 次元検査画像と前記参照画像作成手段において作成された 2 次元参照画像とを比較判定して欠陥候補部位を算出し、この算出された欠陥候補部位から所望の欠陥候補部位を選択する欠陥候補部位選択手段と、前記検査画像検出手段において検出された 2 次元検査画像および／または前記参照画像作成手段において作成された 2 次元参照画像の内少なくとも一つの画像より、平均値特徴、テクスチャ特徴、エッジ特徴、および検査画像と参照画像との差画像の平均値特徴の何れか一つ以上の特徴画像を算出し、この算出された特徴画像と前記欠陥候補部位選択手段で選択された欠陥候補部位を示す欠陥候補検査画像と欠陥候補部位を示す欠陥候補参照画像との間の多次元空間に対応する各画素における階調値の相関関係を算出する相関関係算出手段と、該相関関係算出手段で算出された多次元空間における階調値の相関関係と、前記欠陥候補参照画像の各画素に対応する前記欠陥候補検査画像の画素における階調値との対応関係を用いて、少なくとも前記欠陥候補検査画像について調べて欠陥候補について解析する解析手段とを備えたことを特徴とする欠陥解析装置である。

30 【0015】
【発明の実施の形態】本発明に係る半導体ウエハ等の被検査対象基板の欠陥検査方法および欠陥検査装置並びに欠陥検査システムの実施の形態について図面を用いて説明する。ところで、半導体デバイスの近年の微細化に伴い、微細な欠陥検出の実現が検査装置に要求されている。画像処理によって欠陥を認識するためには、検出すべき欠陥と同程度以上の解像度で画像撮像する必要がある。検出すべき欠陥とは、回路パターンの膨れや欠損といった回路パターン形成の不具合の他、回路パターンの上部または下部に付着した異物などがある。画像の撮像は、図 1 に示すように、ステージ 102 上に載置された半導体ウエハ 101 の表面からの反射光やウエハ表面からの放射 2 次電子、反射電子などの強度をセンサ 105 によって物理量として検出し、その強度を A/D 変換部 106 で A/D 変換することによって階調値情報に変換することにより行われるが、その反射光や 2 次電子等の検出光の波長を λ 、それらの検出光を結像するための対物レンズ 104 の開口数を NA とすると、センサ（例えば 1 次元センサや TDI イメージセンサ）105 で撮像される画像の解像度は、次に示す（数 1）式で表わされ

る関数を有する。

$$\text{解像度} \propto \lambda / (2 \times \text{NA})$$

上記(数1)式より、解像度を上げるためには、検出光の波長 λ を小さな値にするか、もしくは開口数を上げることが必要であることいえる。しかし、開口数を上げた場合には、その焦点深度が浅くなる傾向があり、ウエハの微妙なそりの影響を受けて、画像がぼけて撮像される恐れがあるため、検査装置への適用を考えた場合適当ではない。よって、画像の解像度を上げるためには、検出光の波長 λ を小さくすることが必要になる。検出光の波長 λ を小さくするためには、照明光103として、短波長の光を照射してもよいし、対物レンズ104を通して検出される反射光の中から短波長成分のみをフィルタリングした後に、これをセンサ105で検出しても良い。

【0017】なお、半導体ウエハ101の検査では、検出すべき欠陥の寸法が0.1 μ m程度以下であることから、ここでいう短波長光とは、紫外線(波長が100~400nm)でよく、更に好ましくは例えば173nm程度の波長を有するエキシマレーザ光やエキシマランプ等の遠紫外線(314nmよりも短い)がよい。

【0018】しかし、短波長の光を検出して高解像度の画像を撮像した場合、半導体デバイスの表面の薄膜によって生じる干渉の影響を受けるという問題がある。半導体ウエハの表面にはさまざまな薄膜が形成されており、正常に薄膜が形成されている場合であっても、その膜厚を場所毎で比較すると、薄膜形成プロセスの様々な誤差に起因して微妙な差異がある。短波長の光を検出する場合、薄膜の膜厚とその波長が近接してくるため、膜厚の微妙な変化分が、その波長に対して占める割合が増加する。そのため、微妙な膜厚の差異により、受ける干渉の程度に大きな差が生じる。この影響は、半導体ウエハ上のパターン検査を、検査部位と参照部位(例えば検査部位に対して1チップ隣の参照部位)の比較により行う場合には、大きな問題となる。なぜなら、検査部位と参照部位における薄膜の膜厚に差があるために、両者とも正常にパターン形成されている場合であっても、図1に示す検査画像データ110と参照画像データ111の階調値に差が生じることになり、単純な比較方式では、正常部位を欠陥部位と誤認識するからである。この、画像内の階調値の差は、その画像がカラー画像である場合には、色むらとなつて現れ、また画像が白黒画像であれば、明るさむらとなつて現れる。

【0019】図3に短波長光を検出して撮像した検査画像と参照画像の階調値の対応を示した散布特性図を載せる。この図によれば、図2に示した散布特性図と違い、プロット点が $y=x$ の直線上に集中しておらず散在していることがわかる。これは、階調値むらの影響を受けることにより、検査画像内の欠陥が存在しない部分の画素であっても、その画素に対応する参照画像内の画素と階調値が大きく異なる場合があるからである。検査画像内

【0016】

(数1)

の欠陥部位である部分の画素も、その階調値が対応する参照画像内の画素の階調値と異なることから、欠陥部に相当する画素と正常部に相当する画素のプロット点を、 $y=x$ の直線からの距離等を用いて、弁別することは困難であり、もしもそのような手法を用いた場合は、正常な部位を誤って欠陥部位と判断してしまうことになる。

【0020】そこで、本発明は、これらの階調値むらの影響を受けることなく正確に欠陥を認識することのできる半導体ウエハ等の欠陥検査方法及び欠陥検査装置である。

【0021】次に、本発明に係る半導体ウエハ等の被検査対象基板の欠陥検査方法及び欠陥検査装置の実施の形態について説明する。まず、本発明に係る半導体ウエハ等の欠陥検査方法及び欠陥検査装置の第1の実施例について図1を用いて説明する。即ち、半導体ウエハ101などでは、一枚の基板上に、設計上同一の半導体回路パターンを有する多数のチップが配列されている。また、半導体ウエハ101がメモリ製品である場合には、各チップの内部には、設計上同一の形状を持つメモリセルが2次元上に規則正しく配列されている。このように、半導体ウエハ101にチップとして形成される半導体デバイスでは、その部位例えば、被検査対象がメモリ製品である場合、メモリセル部であるか配線部であるかといった部位ごとで形成される回路パターンの種類が異なる。また、被検査対象がシステムLSI製品である場合、各種メモリ部と、各種ロジック部とで構成され、それぞれ回路パターンの種類が異なることになる。

【0022】また、半導体ウエハ101上に形成される薄膜の膜厚はその下地にある回路パターンの種類に影響される。そこで、本発明は、これから、薄膜の膜厚の状態とその回路パターンの種類との間には相関関係があると考えることができ、膜厚の変動の状態と干渉の程度にも相関があることから、回路パターンの種類と階調値むらの間に相関があると着目して創成したものである。

【0023】そこで、まず、ステージ102上に載置された半導体ウエハ101に対して短波長の照明光(例えば紫外光)103を斜め方法(暗視野照明)もしくは垂直方向(明視野照明)から照射し、対物レンズ104で結像されたパターン像を1次元センサやTDIセンサ105で撮像して画像信号に変換され、この変換された画像信号がA/D変換部106で階調値を示すデジタル画像信号に変換される。そして、位置合わせ部108において、A/D変換部106から得られる検査画像データ110と1チップ分遅延メモリ109で1チップ分遅延された参照画像データ111との間の位置ずれ量を画素単位もしくは画素単位以下で検出し、この検出された位置ずれ量に基いて検査画像データ110と参照画像データ111との間において位置ずれが補正されて出力され

る。統計的特徴量算出部 120 において、位置合わせされた参照画像階調値データ 113 または検査画像階調値データ 112 を基に、図 5 に示すように局所領域 501 (図 5 ではセンサ 105 の長さに対して 2 分した実施例を示す。) 毎に切り出し、この切り出された領域毎に参照画像または検査画像の階調値データについて統計的特徴量を計算し、それらの値が近いものを同一種類のパターンが形成された領域 A、B、C、D、・・・として分割して認識する (図 7 におけるステップ S71)。ところで、検出すべき欠陥の寸法が $0.1\mu\text{m}$ 程度以下であることから、半導体ウエハ 101 上で $0.2\mu\text{m}$ 程度以下の画素サイズで検出する必要があり、1 次元センサまたは TDI センサ 105 の視野は、図 5 に示すように、半導体ウエハ 101 上に形成された各チップについて所定の幅をもってステージ走査に基いて走査されることになる。

【0024】図 4 では、統計的特徴量算出部 120 が参照画像階調値データ 113 を用いてこの処理を行った一実施例を示したものである。統計的特徴量算出部 120 は、メモリセル部 402 と配線部 403 が撮像されている参照画像データ 401 (113) に対し、その各画素の上下左右方向のある範囲を近傍エリアと定義し、各画素について、その近傍エリアの階調値の平均値を計算する。今、一実施例として、参照画像データ 401 中のメモリセル部 402 においては、その階調値の平均値が小さく、配線部 403 では平均値が大きい場合を仮定し、その平均値を画像階調値として表現したものを平均値画像 404 と呼ぶこととすると、平均値画像 404 においては、メモリセル部 402 と配線部 403 とがそれぞれ、平均小エリア 405 と、平均値大エリア 406 の、異なる階調値で表される別領域として認識することができる。そして、統計的特徴量算出部 120 は、この平均値画像 404 のそれぞれの領域に対応する検査画像データ 501 (112) の領域を求めることで、検査画像データ 501 (112) からの分割された複数の画素群からなる領域を認識することができる。ところで、図 4 では、統計的特徴量算出部 120 における領域分割手法の実施例として、平均値画像を扱ったが、これはその他の方法を用いて分割してもかまわない。その他の例としては、例えば類似する回路パターンを認識する手法として知られるテクスチャ解析や、テクスチャ解析よりもハードウェア化が容易であり同様の効果が期待できるエッジ画像解析、あるいは参照画像と検査画像の差の平均値画像等、様々な手法が適用可能であり、またこれらのコンビネーションを適用することも可能である。また、本実施例では、参照画像のみを用いて領域分割を行ったが、これに限定されることなく、検査画像のみから、もしくは両者を用いて処理を行っても良い。

【0025】そこで、統計的特徴量算出部 130 は、パターンの種類の異なる複数の画素群からなる領域 A、

B、C、D、・・・に分割する指令 131 を、選択回路 132、133 に与え、選択回路 132 では 1 チップ分遅延メモリ 114 で 1 チップ分遅延された検査画像データ (y) 116 に対して上記指令 131 に基いて複数の画素群からなる領域 A、B、C、D、・・・に分割して同一種類のパターンで示される領域毎に設けられた画像メモリ 134a~134n に記憶させ、選択回路 133 では 1 チップ分遅延メモリ 115 で 1 チップ分遅延された参照画像データ (x) 117 に対して上記指令 131 に基いて複数の画素群からなる領域 A、B、C、D、・・・に分割して同一種類のパターンで示される領域毎に設けられた画像メモリ 135a~135n に記憶させる。演算部 136 は、分割された画素群からなる領域毎に記憶された画像メモリ 134a と画像メモリ 135a、画像メモリ 134b と画像メモリ 135b、・・・画像メモリ 134n と画像メモリ 135n 同士において、対応する画素同士の階調値 (画素値) の相関関係 $[y=f_a(x), f_b(x), \sim, f_n(x)]$ 、即ち、階調値むらの発生程度を算出し (図 7 に示すステップ S72)、分割された画素群からなる領域毎の各相関関係テーブル (検査画像の画素値 (y) と参照画像の画素値 (x) との散布特性テーブル $y=f(x)$) 137a~137n に記憶させる。図 6 (a) には、視野内にメモリセル部 502 と配線部 503 が含まれる検査画像データ 501 を示し、図 6 (b) にはメモリセル部 502 における検査画像データ 501 (116) の画素値 (画素階調値) (y) と参照画像データ 401 (117) の画素値 (画素階調値) (x) の散布特性図 505 を示し、図 6 (c) には配線部における検査画像データ 501 (116) の画素値 (y) と参照画像データ 401 (117) の画素値 (x) の散布特性図 506 を示す。検査画像データ 501 においては、セル部と配線部に、欠陥部 504 が存在するものとする。

【0026】図 6 (b) に示す如く参照画像データと検査画像データとの相関関係を示す散布特性図 505 は、メモリセル部についてであり、その階調値むらは小さいものの、そのむらの発生程度が検査画像データの階調値 (y) と強い相関 ($y=x$) を持つという傾向を持つ。なお、507 は、メモリセル部において発生した欠陥部位についての画素のプロット点である。

【0027】図 6 (c) に示す如く参照画像データと検査画像データとの相関関係を示す散布特性図 506 は、配線部についてであり、その階調値むらは大きいものの、そのむらの発生程度が検査画像データの階調値 (y) に対して無関係であるという傾向を持つ。このように配線部の場合、表面の膜厚の変動に伴って、参照画像データ (x) において階調値が大きくなっても、検査画像データ (y) においては階調値がそれほど大きくならず、 $y=x$ から大きく外れることになる。なお、508 は、配線部において発生した欠陥部位についての画素

のプロット点である。以上説明したように、欠陥があることによって生じる、検査画像データ（ y ）と参照画像データ（ x ）での階調値の違いは、膜厚の変動による干渉の結果で生じる検査画像データと参照画像データとでの階調値の違いと異なる性質を示すため、欠陥部位についての画素のプロット点 507、508 は、それぞれの散布図上において、欠陥部位でない画素のプロット点から離れた位置にプロットされる。

【0028】そこで、閾値設定部 138 は、検査画像データ内のある画素が欠陥部位を表しているかを判定するためには、判定しきい値を、分割された画素群からなる領域毎の各相関関係テーブル 137a～137n に記憶された欠陥部位でない画素の散布特性図（相関関係テーブル）上のプロット点を用いて設定する。この判定しきい値は、分割された画素群からなる領域毎の、例えば、各散布特性図（相関関係テーブル）137a～137n 上において、参照画像データでの階調値（ x ）毎に、プロットされる点の検査画像データの階調値（ y ）の平均値（ $y_{mean}(x)$ ）を求め、その平均値（ $y_{mean}(x)$ ）に対し、ある一定の値（ Th ）を加減して求めることが出来る（図 7 に示すステップ S73）。なお、ある一定の値（ Th ）としては、参照画像データの階調値（ x ）に応じて変化させてもよい。従って、閾値設定部 138 は、1チップ分遅延画像メモリ 119 から得られて入力される分割された画素群からなる領域を示す信号 140 に基づく領域毎に参照画像階調値データ（ x ）121 に応じて設定される判定しきい値（ $y_{mean}(x) \pm Th$ ）141 を画像比較部 124 に入力する。なお、判定しきい値の設定を閾値設定部 138 で行わずに、演算部 136 によって、分割された画素群からなる領域毎の各相関関係テーブル 137a～137n に記憶された欠陥部位でない画素の散布特性図（相関関係テーブル）を基に実行してもよい。

【0029】1チップ分遅延画像メモリ 118 および 119 の各々は、判定しきい値を設定できるまでの期間、検査画像データ 116 および参照画像データ 117 並びに分割された画素群からなる領域を示す信号 131 を 1チップ分遅延させるためのメモリである。このように、閾値設定部 138 もしくは画像比較部 124 は、1チップ分遅延画像 119 から得られる分割された画素群からなる領域を示す信号 140 に基いて、検査画像データ内の各画素が、分割された画素群からなる領域の何れに属するかを算出することになる（図 7 に示すステップ S74）。従って、画像比較部 124 において、分割された画素群からなる領域毎における参照画像データの階調値（ x ）121 に応じて設定される判定しきい値（ $y_{mean}(x) \pm Th$ ）141 に基いて、1チップ分遅延メモリ 116 から出力される検査画像データの階調値（ y ）120 と比較され、検査画像データの階調値（ y ）120 が判定しきい値（ $y_{mean}(x) \pm Th$ ）141 より外れ

た場合欠陥部位であると判定され（図 7 に示すステップ S75）、欠陥または欠陥候補としてその概略位置座標とその欠陥候補を示す検査画像データ 120 および必要に応じてその欠陥候補を示す参照画像データ 121 が欠陥認識部 125 に入力される。即ち、画像比較部 124 は、上記ステップ S74 において算出された分割された画素群からなる領域毎における散布特性図（相関関係テーブル）上において、参照画像データ 121 の階調値（ x ）を基に、上記判定しきい値（ $y_{mean}(x) \pm Th$ ）より遠い部分に検査画像データの階調値（ y ）としてプロットされた点を欠陥部位または欠陥候補部位であると判定するとすれば良いことになる。

【0030】一実施例として、図 6（b）に示す如く、メモリセル部の領域における散布特性図 505 に対する判定しきい値は 509 で示され、図 6（c）に示す如く、配線部の領域における散布特性図 506 に対する判定しきい値は 510 で示される。この判定しきい値は、例えば、散布特性図 505、506 上において参照画像データの階調値毎に、プロットされる点の検査画像データの階調値（ y ）の平均値（ $y_{mean}(x)$ ）を求め、その平均値（ $y_{mean}(x)$ ）に対し、ある一定の値（ Th ）を加減してもとめることが出来る。画像比較部 124 において検査画像データ 120 内の各画素が欠陥または欠陥候補で否かを判定するためには、予め、閾値設定部 138 または演算部 136 において上記の考えにより各画素群からなる領域に対して、欠陥判定しきい値（ $y_{mean}(x) \pm Th$ ）を計算しておき（図 7 に示すステップ S73）、次に、画像比較部 124 は、その画素がどの画素群からなる領域に属するか判定し（図 7 に示すステップ S74）、含まれると判断された画素群からなる領域の散布特性図上において参照画像データ 121 の階調値（ x ）を基にプロットされる点における検査画像データの階調値（ y ）と上記判定しきい値（ $y_{mean}(x) \pm Th$ ）との比較を行うことで実現することができる（図 7 に示すステップ S75）。

【0031】以上のフローを説明したのが、図 7 である。先ず、統計的特徴量算出部 130 において算出される特徴量を基に選択回路 132 および 133 を選択することにより、検査画像 116 および参照画像 117 をそのパターンの異なる複数の画素群からなる領域に分割する（ステップ S71）。そして、演算部 136 において、分割された各領域毎に、検査画像データ 116 と参照画像データ 117 との相関関係 [$y = f_a(x)$ 、 $f_b(x)$ 、～、 $f_n(x)$] を算出し（ステップ S72）、相関関係テーブル 137a～137n に記憶する。次に、閾値設定部 138 は、これら相関関係テーブル 137a～137n を用いて、その領域において、欠陥または欠陥候補を判定するための判定しきい値（ $y_{mean}(x) \pm Th$ ）を計算する（ステップ S73）。次に、画像比較部 124 は、検査画像データ 120 内の各

画素について、該画素がどちらの領域に含まれるかを、1チップ分遅延画像119から得られる分割された画素群からなる領域を示す信号140を基に算出する（ステップS74）。最後に、画像比較部124は、検査画像データ120内の各画素について、その画素についての検査画像データ120と参照画像データ121との対応と、上記ステップS74において算出された分割された画素群からなる領域毎に求めた判定しきい値（ $y_{mean}(x) \pm Th$ ）141と比較することにより、欠陥または欠陥候補の判定を行う（ステップS75）。

【0032】以上説明したように、検査画像データと参照画像データの間に階調値のむらがある場合でも、画像比較部124において正しく欠陥または欠陥候補を判定することができる。なお、上記説明では、検査画像データ116および／または参照画像データ117を、統計的特徴量算出部130において算出された特徴量としての平均値の大小に基いて選択回路132、133で平均値の大きい領域と平均値の小さい領域との2つに分けていたが、この領域の数は、必ずしも2つに限定されるわけではない。更に、欠陥認識部125は、画像比較部124から入力される欠陥または欠陥候補としての概略位置座標とその欠陥候補を示す検査画像データ120および必要に応じてその欠陥候補を示す参照画像データ121を基に、欠陥または欠陥候補についての特徴量（例えば、欠陥または欠陥候補の面積、重心位置、各軸方向の長さ、軸心のベクトル、階調値による体積）が算出され、概略位置座標と共に出力される。これら欠陥の特徴量からは欠陥の発生原因別に分類することも可能である。また、欠陥候補の特徴量（例えば大きさを示す面積）から虚報を取り除くことも可能となる。

【0033】次に、本発明に係る半導体ウエハ等の欠陥検査方法および欠陥検査装置の第2の実施例について説明する。図8は、本発明に係る半導体ウエハの欠陥検査方法および欠陥検査装置の第2の実施例の構成を示した図である。即ち、検査画像の回路パターンが場所により連続的に変化する場合には、上記第1の実施例のように離散的に領域を分割するのではなく、統計的特徴量算出部130において各回路パターンを表す特徴量（例えば平均値画像データ（ z ））131'を連続量として捕らえ、演算部136'において図9に示す検査画像データ116の階調値（ y ）、参照画像データ117の階調値（ x ）、平均値画像データ131'の階調値（ z ）の3次元空間における各画素をプロットして相関関係テーブル137'を作成し、閾値設定部138'において、3次元の相関関係テーブル137'を用いて、平均値画像データ131'の階調値（ z ）および参照画像データ117の階調値（ x ）に応じた欠陥または欠陥候補を判定するための判定しきい値（ $y_{mean}(x) \pm Th$ ）を計算する。なお、上記3次元の相関関係テーブル137'は、平均値画像データ131'の階調値（ z ）が小さい

ところで断面すると例えばメモリセル部が対応し、図6（b）に示す散布特性図505が得られ、平均値画像データ131'の階調値（ z ）が大きいところで断面すると例えば配線部が対応し、図6（c）に示す散布特性図506が得られる。

【0034】そして、画像比較部124'において、1チップ分画像メモリ118から得られる対応する画素における検査画像データの階調値（ y ）が、1チップ分遅延画像メモリ142から得られる対応する画素における平均値画像データ143の階調値（ z ）および1チップ分遅延画像メモリ119から得られる対応する画素における参照画像データ121の階調値（ x ）に応じて設定された判定しきい値外の場合、欠陥または欠陥候補として判定することになる。即ち、画像比較部124'は、上記3次元空間において、欠陥が存在しない場合でのプロット点のまとまりに対し、孤立して存在するプロット点を欠陥または欠陥候補として認識することが可能となる。この第2の実施例の場合でも、閾値設定部138'における各プロット点が欠陥であるかの判定しきい値の算出は、先に述べた第1の実施例の手法と同様に行うことができる。このように、第2の実施例の場合は、第1の実施例における分割された領域データの代わりに、統計的特徴量算出部130から連続的に得られる平均値画像データ143の階調値（ z ）を用いた3次元空間によって構成される。他の構成は、第1の実施例と同様になる。

【0035】次に、本発明に係る半導体ウエハ等の欠陥検査方法および欠陥検査装置の第3の実施例について説明する。図10は、本発明に係る半導体ウエハの欠陥検査方法および欠陥検査装置の第3の実施例の構成を示した図である。第1の実施例においては、演算部136が画素群からなる各領域において、検査画像データと参照画像データの相関関係を計算した後、閾値設定部138でその対応関係に応じて、欠陥判定しきい値（ $y_{mean}(x) \pm Th$ ）を参照画像データの階調値（ x ）毎に設定しているが、この第3の実施例は、演算部136において算出された検査画像データと参照画像データの相関関係を示した散布特性図（相関関係テーブル）137a～137nに基いて、補正回路145は検査画像データ120内の各画素について、検査画像データ120と参照画像データ121の相関関係が、 $y=x$ もしくは、その他の直線もしくは曲線等に重なるように、検査画像データ120、参照画像データ121のいずれかもしくは両方の階調値（ y ）（ x ）を補正し、画像比較部124において補正された検査画像データ146と参照画像データ121とで差画像処理をすることにより欠陥または欠陥候補の判定を行うことが可能である。図10においては、補正回路145において、検査画像データ120と参照画像データ121の相関関係が、 $y=x$ もしくは、その他の直線もしくは曲線等に重なるように、

検査画像データ120を、参照画像データ121の階調値(x)に応じて補正するように構成したが、検査画像データ120、参照画像データ121のいずれかもしくは両方の階調値(y)(x)を補正するように構成してもよい。この第3の実施例の場合は、第1の実施例における判定しきい値($y_{\text{mean}}(x) \pm Th$)を参照画像データの階調値(x)に応じて設定したのに対して、分割された各領域毎に得られる例えば検査画像データ[$y = fa(x), fb(x), \dots, fn(x)$]を上記相関関係テーブル137a、137b、 \dots 137nに基いて補正し、判定しきい値を $\pm Th$ の一定にしたものである。当然、画像比較部124において差画像の絶対値をとる場合には、判定しきい値はThとなる。

【0036】以上説明したように上記第1～第3の実施例によれば、検査画像データ120と参照画像データ121の間で階調値のむらがある場合でも、この階調値むら補正を用いて検査することにより正確に欠陥または欠陥候補を検出することができる。特に、画像比較部124において、検査画像データ120と参照画像データ121とを常に1チップだけ隣り合った部位についてそれぞれ画像化して比較している。これは、半導体ウエハにはそりなどが生ずる場合があり、そのそりが起因して、半導体ウエハ101の周辺部と中心部では、薄膜の膜厚に影響が見られるおそれがあり、できるだけ近接した部位を参照画像として用いることにより誤検出を減らすように構成している。

【0037】しかし、上記第1～第3の実施例に記載したように階調値むら補正を用いて検査を行なえば膜厚変動による虚報を低減できるため、参照画像データとして用いるのは、検査部位の隣接チップの部位に限られない。即ち、図11に示すように、切替手段151を画像メモリ150に接続し、例えば、半導体ウエハ101から任意に選択した1チップ分の画像の全てを、1次元センサやTDIセンサ等のセンサ105で撮像し、これを手本画像データ(参照画像データ)111として画像メモリ150に登録しておき、半導体ウエハ101上の全ての部位の検査では、切替手段151を位置あわせ部108に切り替えて検査画像データ110を得、位置あわせ部108において検査画像データ110と手本画像データ(参照画像データ)111とを画素単位以下まで位置合わせし、その後上記第1～第3の実施例で説明したように、検査画像データ110と手本画像データ(参照画像データ)111とを比較して検査することが可能になる。また、図11に示す実施例の拡張として、1枚の半導体ウエハから手本画像データを得るのではなく、その製品のある工程の半導体ウエハに対してセンサ105で撮像し、この撮像された手本画像データを切替手段151で接続された画像メモリ150に登録することにより一度手本画像データ(参照画像データ)111を得、その手本画像データ111を、その製品のその工程の他

の半導体ウエハに対して使用することにより、検査時に参照画像データを撮像する必要がなくなり、検査速度の向上が図れる上、検査装置の処理回路を単純化するとができるなどの利点がある。

【0038】次に、本発明に係る半導体ウエハ等の欠陥検査システムの実施の形態について図12を用いて説明する。欠陥検査システムの実施の形態は、上記説明した構成の半導体ウエハ等の欠陥検査装置A701およびB702をネットワーク703を介して接続して構成される。端末705は、欠陥検査装置A701の欠陥認識部125から得られる欠陥または欠陥候補に関する情報(例えば、欠陥の大きさ、欠陥の位置等の情報)に基に、欠陥検査装置B702で検査すべき欠陥候補を選択して入力するためのものである。当然、端末705は、表示手段を備え、該表示手段に欠陥検査装置A701の欠陥認識部125で認識される検査結果の情報を表示し、欠陥検査装置B702で検査すべき欠陥候補を選択して入力できるように構成しても良い。記憶装置704は、欠陥検査装置A701の欠陥認識部125から得られる欠陥候補に関する情報(欠陥データベース)等を記憶するように構成されている。

【0039】従って、上記構成において、半導体ウエハの検査を欠陥検査装置A701により行ない、その欠陥部位の候補を検出する。この欠陥検査装置A701での検査結果の情報は、直接欠陥検査装置B702に転送されてもよいし、ネットワーク703に接続された記憶装置(欠陥データベース)704に蓄積された後に、欠陥検査装置B702に送られても良い。そして、欠陥検査装置B702は、上記欠陥検査装置A701で検出された欠陥候補から、任意に選択された欠陥候補のみに対して検査を行なう。ところで、欠陥検査装置701で検出される欠陥候補から、欠陥検査装置702で検査される欠陥を選択する方法としては、欠陥検査装置701での検査結果、例えば欠陥候補の大きさ(面積)であるとか、欠陥候補の位置など元に自動で決めても良いし、ネットワーク703に接続された端末705から、選択すべき欠陥候補を明示して入力することにより欠陥検査装置702に与えても良い。

【0040】図12に示す実施の形態では、欠陥検査装置B702としては、照明光として短波長の光を用い、かつ、図7に示した階調値むらを認識して欠陥を検出する機能が必須であるが、欠陥検査装置A701としては、短波長の照明光や、階調値むらを認識して欠陥を検出する機能は必ずしも必須ではない。これは、欠陥検査装置A701により検出した欠陥候補の中に誤認識が含まれていても、欠陥検査装置B702により、それらの候補から真の欠陥を検出することが可能であるからである。この様に、欠陥検査装置A701に階調値むらを認識し欠陥を検出する機能をつけない場合、欠陥検査装置A701は、高速で検査を行なえるという利点があるほ

か、既存の欠陥検査装置を用いることができるという利点がある。また、欠陥検査装置 A701 および B702 において、例えば短波長の検出光で画像を撮像し、図 6 に示した手法を用いて欠陥検査を行なう場合であっても、欠陥検査装置 A701 と欠陥検査装置 B702 で使用する照明光の波長や撮像倍率などの検査条件、欠陥判定のしきい値等を異なる値に設定することも実現できる。この場合でも、欠陥検査装置 A701 および B702 において、異なる条件で欠陥検出を行なうことができ、欠陥検査装置 A701 において欠陥候補を検出し、その候補に対してのみ欠陥検査装置 B702 で検査するという目的を達成することができる。

【0041】次に、本発明に係る半導体ウエハ等の欠陥検査装置の他の実施の形態について図 13 を用いて説明する。図 13 では、一つの欠陥検査装置内に、欠陥検査部 $\alpha 801$ と欠陥検査部 $\beta 802$ とを有して構成される。本実施の形態では、例えば短波長の検出光からの検査画像データ 110 および参照画像データ 111 を得、まず、それらを欠陥検査部 $\alpha 801$ において比較し、その差異がある部分を欠陥候補として検出する。この欠陥検査部 $\alpha 801$ の第 1 の実施例 801' は、図 14 に示す如く位置あわせ部 108 で位置合わせされた検査画像データ 112 と参照画像データ 113 との差画像をとり、この差画像が判定しきい値 $Th1$ を越えたとき欠陥候補として欠陥候補の検査画像データ 161 および欠陥候補の参照画像データ 162 を出力する画像比較部 160 と、該画像比較部 160 において判定された欠陥候補の全てもしくは選択されたものの欠陥候補の検査画像データ 161 および欠陥候補の参照画像データ 162 の各々を記憶して遅延させる画像メモリ 163、164 とによって構成される。なお、画像比較部 160 は、判定した欠陥候補の中から任意の欠陥候補を選択することも可能に構成されている。そして、画像メモリ 163、164 の各々から出力される欠陥候補の検査画像データ 161 および欠陥候補の参照画像データ 162 の各々が欠陥検査部 $\beta 802$ の選択回路 132、133 の各々に入力されることになる。なお、図 14 に示す欠陥検査部 $\beta 802$ の構成は、図 1 に示す欠陥検査装置の第 1 の実施例の場合を示す。しかし、この欠陥検査部 $\beta 802$ の構成は、図 8 に示す欠陥検査装置の第 2 の実施例でも良く、また図 10 に示す欠陥検査装置の第 3 の実施例でも良い。

【0042】また、欠陥検査部 $\alpha 801$ の第 2 の実施例 801'' は、図 15 に示す如く位置あわせ部 108 で位置合わせされた検査画像データ 112 および参照画像データ 113 の各々を遅延させるための遅延画像メモリ 170 および 171 と、該遅延画像メモリ 170 および 171 の各々から出力される検査画像データ 172 と参照画像データ 173 との差画像をとり、この差画像が閾値設定回路 175 において設定された判定しきい値 $Th2$

を越えたとき欠陥候補として欠陥候補の検査画像データ 177 および欠陥候補の参照画像データ 178 を出力する画像比較部 174 とによって構成される。閾値設定部 175 は、例えば統計的特徴量算出部 130 から得られる半導体ウエハ上における各領域毎に得られる平均的な特徴量（例えば階調値）176 に応じて判定しきい値 $Th2$ を設定するものである。なお、画像比較部 174 は、判定した欠陥候補の中から任意の欠陥候補を選択することも可能に構成されている。そして、画像比較部 174 において判定された欠陥候補の全てもしくは選択されたものの欠陥候補の検査画像データ 177 および欠陥候補の参照画像データ 178 の各々が欠陥検査部 $\beta 802$ の選択回路 132、133 の各々に入力されることになる。なお、図 15 に示す欠陥検査部 $\beta 802$ の構成は、図 1 に示す欠陥検査装置の第 1 の実施例の場合を示す。しかし、この欠陥検査部 $\beta 802$ の構成は、図 8 に示す欠陥検査装置の第 2 の実施例でも良く、また図 10 に示す欠陥検査装置の第 3 の実施例でも良い。

【0043】以上説明したように、欠陥検査部 $\alpha 801$ での検査結果は、欠陥候補情報 803 として、欠陥検査部 $\beta 802$ に送られる。欠陥候補情報 803 としては、欠陥番号や、欠陥位置、欠陥サイズ等、欠陥検査部 801 によって得られる全ての情報を意味する。図 14 および図 15 に示す実施例の場合には、欠陥検査部 801'、801'' からは特定された欠陥候補情報 803 を含む検査画像データ 165、177 および参照画像データ 166、178 が欠陥検査部 $\beta 802$ 、802'' に送られることになる。そして、欠陥検査部 $\beta 802$ では、欠陥候補情報 803 を元に、それらの全てもしくはそれらから任意に選択した欠陥候補に限り、図 7 に示した手法を用いて、検査画像データと参照画像データとでの階調値むらの影響を受けることなく、画像比較部 124 において欠陥判定を行うことができる。この場合、欠陥検査部 802 での処理に用いる検査画像データと参照画像データは、欠陥検査部 801 での処理に用いられものと同一であっても、また別個に撮像したものであってもよいが、同一の画像を用いれば、画像を再撮像する必要が無いので、検査のスループットを高めることができる。一方、検査装置内に、欠陥検査部 802 のための欠陥撮像系を別個に設け、欠陥検査部 802 では専用の撮像系によって撮像された検査画像と参照画像を用いることとすれば、例えば、欠陥検査部 802 の検査画像及び参照画像の撮像倍率を、その欠陥の種類が特定できる程度に撮像できる程度の高い倍率に設定しておくなどにより、欠陥検査部 801 においては不可能な詳細な欠陥原因の特定などを、欠陥検査部 802 において行なうことが可能となる。この場合は、欠陥検査部 802 では、階調値むらを補正して欠陥を抽出するだけでなく、その欠陥の原因などを、その画像から推定する機能を持たせることができる。その場合は、あらかじめ他のデータベースに

蓄えられた欠陥の情報をネットワークなどを経由して入手し、その情報を用いてその欠陥の発生原因を推定することを行っても良い。

【0044】また、欠陥検査部802における検査を、欠陥検査部801で行なわれる処理の速度と同等で実現すれば、欠陥検査部801で検出される欠陥候補全てを、欠陥検査部802の検査対象としても全体の検査スループットが欠陥検査部802により影響されることはない。また、欠陥検査部801と欠陥検査部802で処理速度に差がある場合、たとえば、欠陥検査部801での処理を高速なハードウェア回路で、欠陥検査部802での検査をソフトウェアで実現した場合には、欠陥検査部801で検出された欠陥候補から任意に選択した部位に対してのみ欠陥検査部802での処理を行なえば、全体の検査スループットに与える影響を低減することができる。欠陥候補からの選択方式としては、例えば、欠陥検査部801で検出された欠陥部位の面積がある基準値より大きいもののみを選択して欠陥検査部802で検査することにより実現することができる。

【0045】また、本実施の形態において、欠陥検出部802のみに図7に示した階調値むらに影響されない欠陥検出手法を用いる必要はなく、欠陥検査部801及び802において異なる条件で階調値むら補正を用いた欠陥検出を行なっても、欠陥検査部801において欠陥候補を検出し、その候補に対してのみ欠陥検査部802で検査するという、目的を達成することができる。

【0046】

【発明の効果】本発明によれば、半導体ウエハ等の被検査対象基板上の検査部位を撮像した検査画像と、検査部位と同一の回路パターンを有することが期待される部位を撮像した参照画像との間で、明るさむら等がある場合でも、誤認識を生じることなく、高信頼度で欠陥または欠陥候補を検査もしくは解析することができる効果を奏する。また、本発明によれば、半導体ウエハ等の被検査対象基板上の微細な欠陥を検査するために短波長の照明光を用いた場合でも、誤認識を生じることなく、高信頼度で欠陥または欠陥候補を検査もしくは解析することができる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る半導体ウエハ等の欠陥検査装置の第1の実施例を示す構成図である。

【図2】検査画像と参照画像の階調値の対応を示した図である。

【図3】短波長の検出光から得た検査画像と参照画像の階調値の対応を示した図である。

【図4】本発明に係る参照画像データを複数の画素群からなる領域に分割する実施例を説明するための図である。

【図5】本発明に係る様々な種類の回路パターンが形成されたチップが配列されている半導体ウエハ上をセンサ

によって走査撮像していく状態を説明するための図である。

【図6】本発明に係るメモリセル部での検査画像データ(y)と参照画像データ(x)との相関関係、および配線部での検査画像データ(y)と参照画像データ(x)との相関関係を用いた欠陥検査手法を説明するための図である。

【図7】本発明に係る欠陥検査手法の処理フローを示した図である。

【図8】本発明に係る半導体ウエハ等の欠陥検査装置の第2の実施例を示す構成図である。

【図9】本発明に係る特徴画像データ(例えば平均値画像データ)(z)と検査画像データ(y)と参照画像データ(x)との間の多次元空間(例えば3次元空間)に対応する各画素における階調値の相関関係を説明するための図である。

【図10】本発明に係る半導体ウエハ等の欠陥検査装置の第3の実施例を示す構成図である。

【図11】本発明に係る半導体ウエハ等の欠陥検査装置において、参照画像データを取得(準備)するための第1～第3の実施例と異なる構成を示す図である。

【図12】本発明に係る半導体ウエハ等の欠陥検査システムの実施の形態を説明するための図である。

【図13】本発明に係る半導体ウエハ等の欠陥検査装置の他の実施の形態を示す概略構成図である。

【図14】図13に示す構成を具体的に示した第1の実施例の構成図である。

【図15】図13に示す構成を具体的に示した第2の実施例の構成図である。

【符号の説明】

101…半導体ウエハ(被検査対象基板)、102…ステージ、103…照明光、104…対物レンズ、105…センサ、106…A/D変換部、107…画像信号、108…位置あわせ部、109、114、115、118、119、142…1チップ分遅延メモリ、110、112、116、120、501…検査画像データ、111、113、117、121、401…参照画像データ、124、124'…画像比較部、125…欠陥認識部、130…統計的特徴量算出部、132、133…選択回路、134a～134n、135a～135n…各領域毎の画像メモリ、136、136'…演算部、137a～137n…各領域毎の相関関係テーブル、137'…3次元空間における相関関係テーブル、138、138'…閾値設定部、145…補正回路、150…画像メモリ、151…切替手段、160…画像比較部、163、164…画像メモリ、170、171…遅延画像メモリ、174…画像比較部、175…閾値設定部、402…メモリセル部、403…配線部、404…平均値画像、405…平均値小エリア、406…平均値大エリア、505…メモリセル部での検査画像データと参照画像

像データの画素値の散布特性図、506…配線部での検査画像データと参照画像データの画素値の散布特性図、504…欠陥、507…メモリセル部での欠陥部位の画素、508…配線部での欠陥部位の画素、509…メモリセル部での判定しきい値、510…配線部での判定し

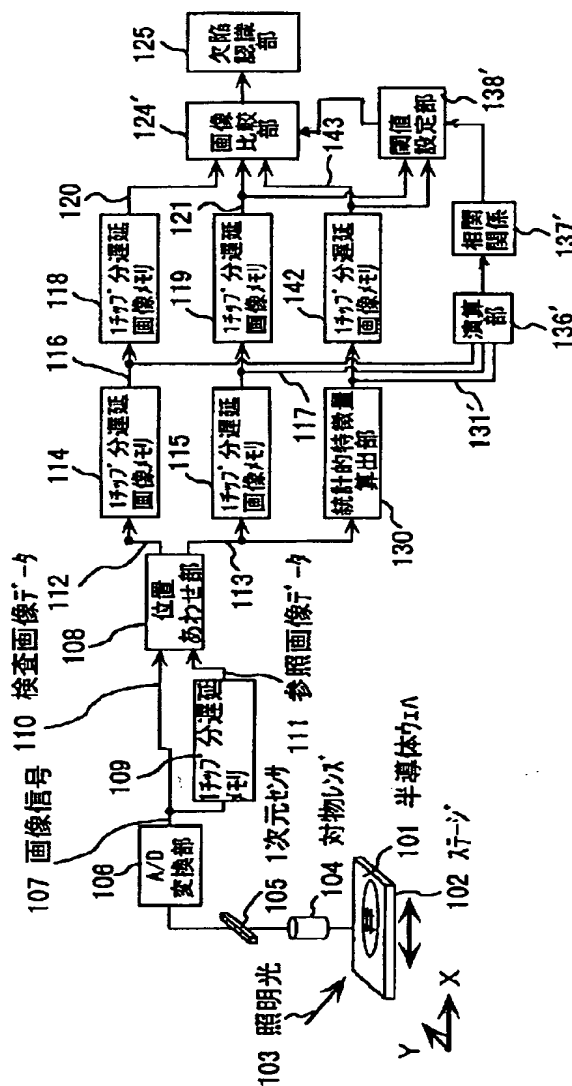
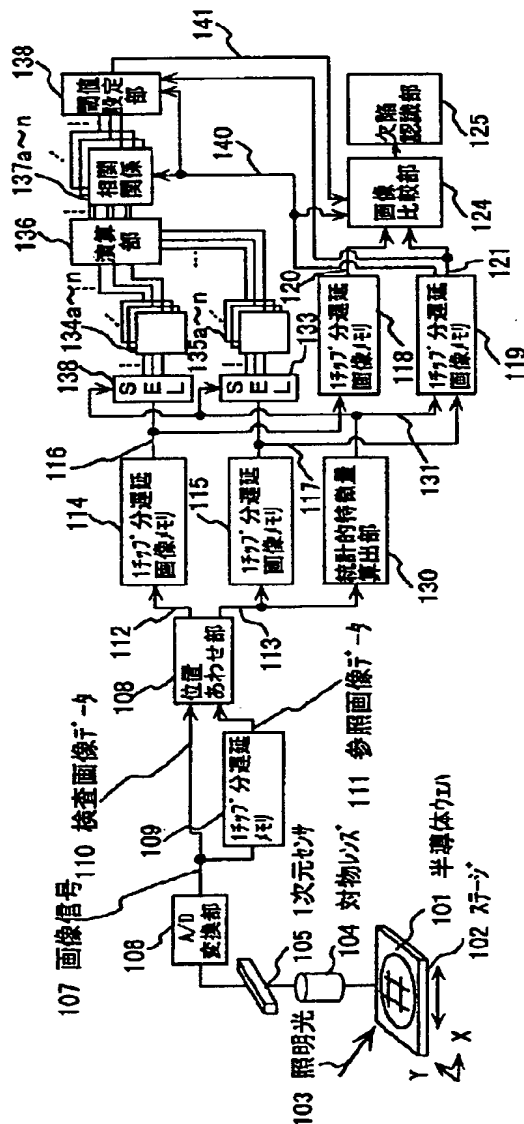
きい値、701…欠陥検査装置A、702…欠陥検査装置B、703…ネットワーク、704…記憶装置（欠陥データベース）、705…端末、801、801'、801"…欠陥検査部 α 、802、802'、802"…欠陥検査部 β 、803…欠陥候補情報。

【図1】

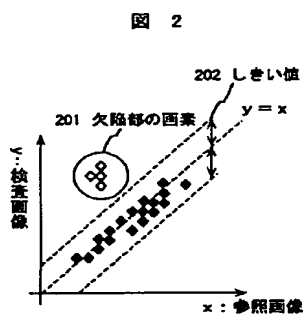
【図8】

図 1

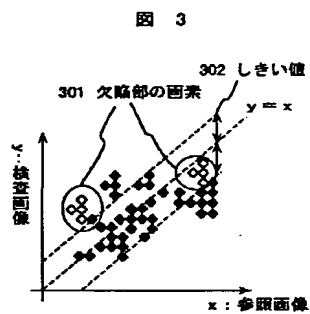
図 8



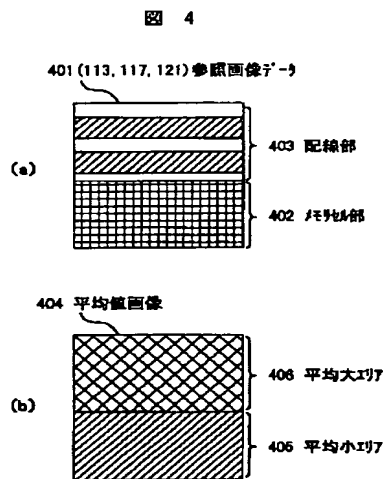
【図 2】



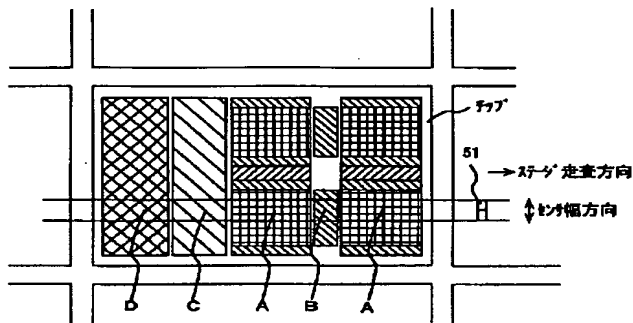
【図 3】



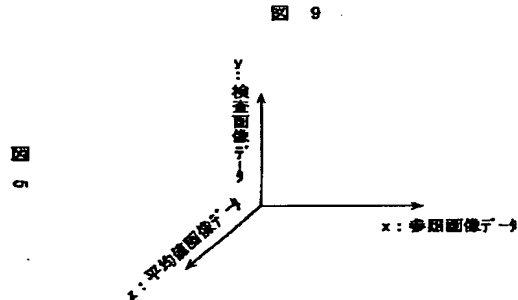
【図 4】



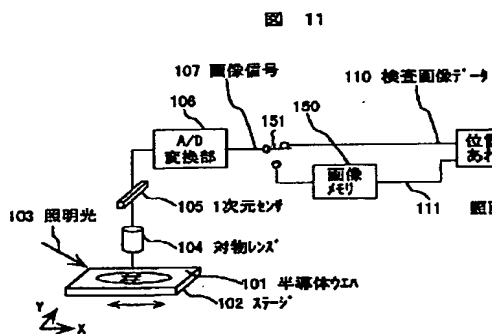
【図 5】



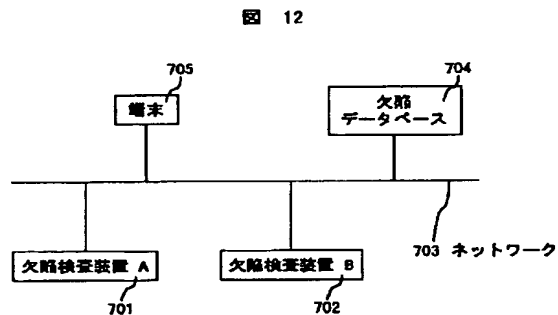
【図 9】



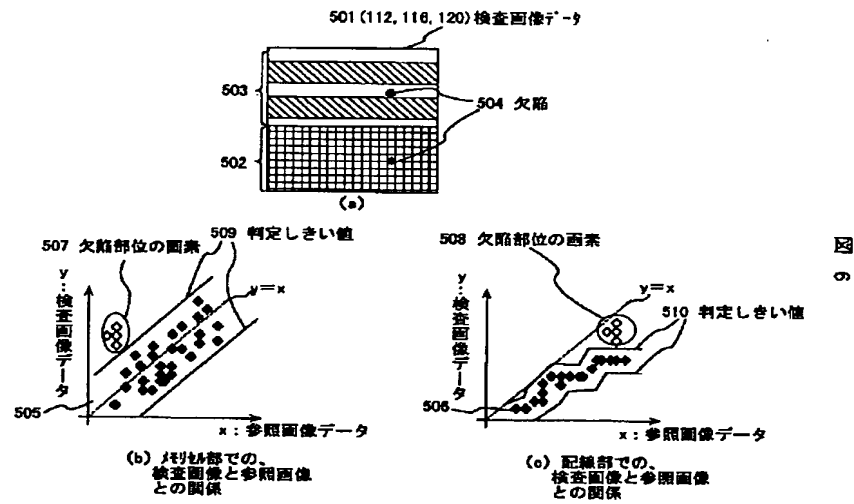
【図 11】



【図 12】

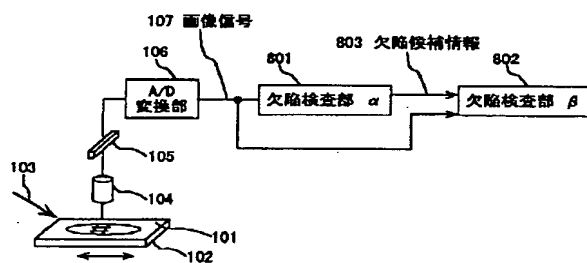


【図6】



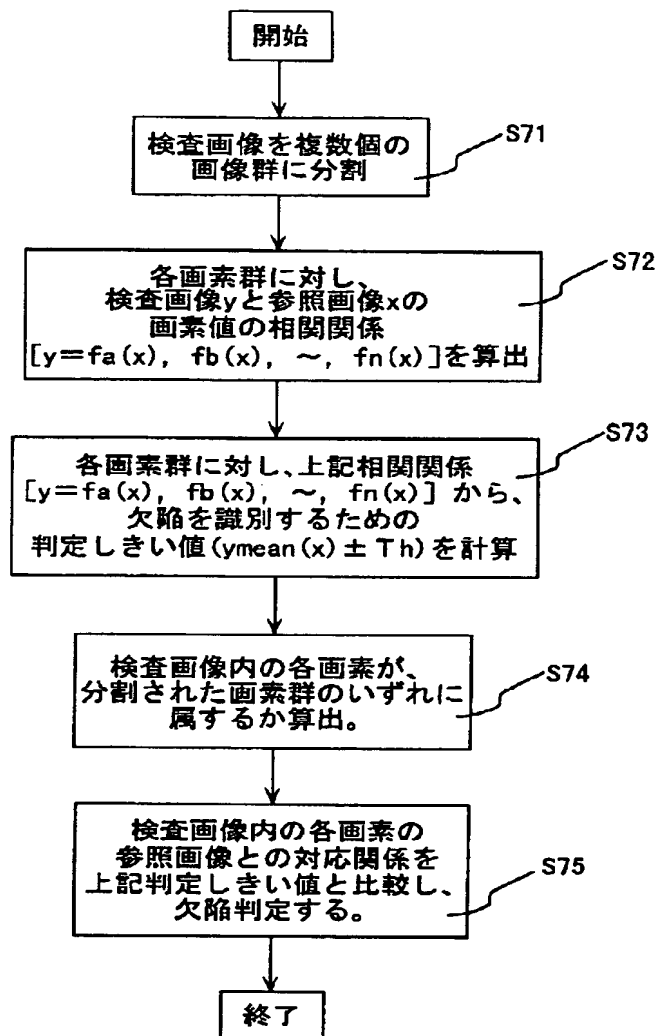
【図13】

図 13

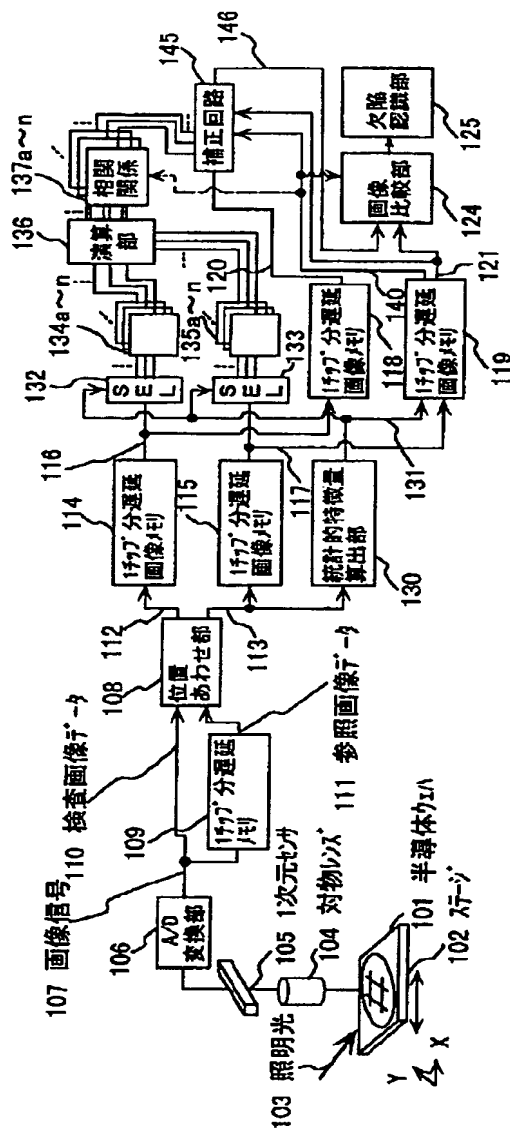


【図7】

図 7



☒ 10



【図14】

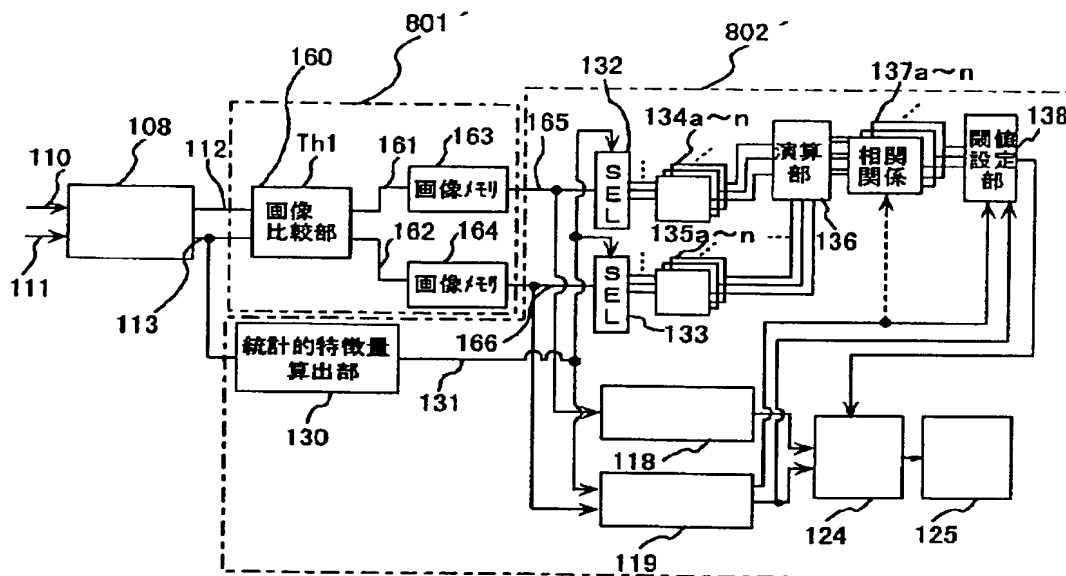


図 14

【図15】

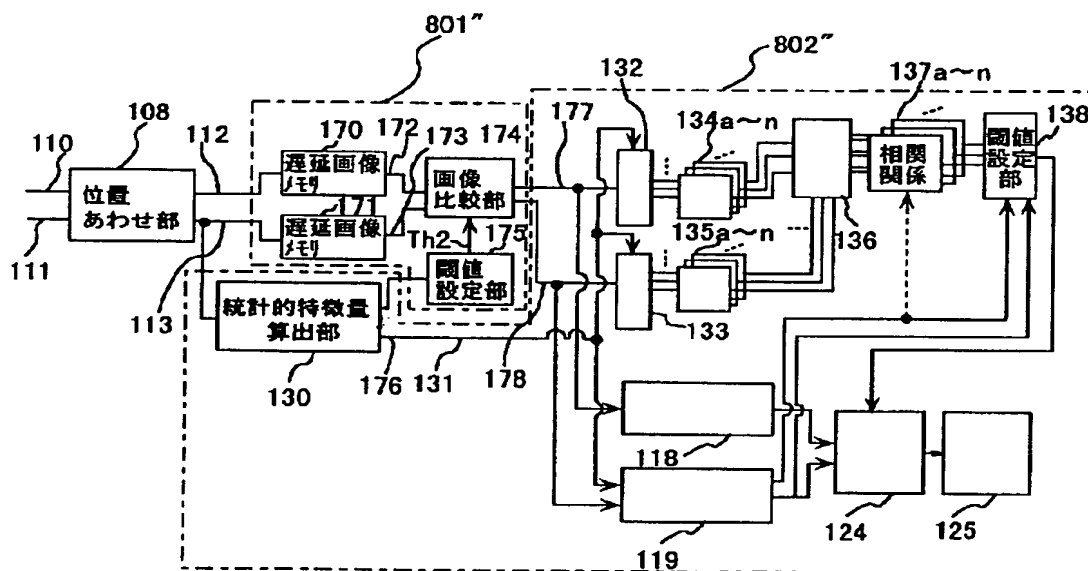


図 15

フロントページの続き

(72)発明者	本田 敏文		(72)発明者	磯貝 静志	
	神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株			茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会	
	式会社日立製作所生産技術研究所内	05		社日立製作所計測器グループ内	
(72)発明者	前田 俊二		Fターム(参考)	2G051 AA51 AB02 AB20 BA05 BA10	
	神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株			BA20 BB05 CA03 CA04 CB01	
	式会社日立製作所生産技術研究所内			DA07 EA04 EA08 EA12 EA20	
(72)発明者	吉田 敦志			EB01 EB02 EC03 EC06 ED07	
	神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株	10		ED11	
	式会社日立製作所生産技術研究所内			4M106 AA01 BA02 BA05 BA07 CA38	
(72)発明者	二宮 隆典			DB02 DB04 DB08 DB20 DB21	
	茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会			DJ11 DJ20 DJ21	
	社日立製作所計測器グループ内				